

PEMANFAATAN LIMBAH BUAH BUAHAN SEBAGAI PENGHASIL ENERGI LISTRIK DENGAN TEKNOLOGI MICROBIAL FUEL CELL (VARIASI PENAMBAHAN RAGI DAN GLUKOSA)

Bagus Khafidiyanto^{1*} Titik Istirokhatun, ST, MSc, Ir. Mochtar Hadiwidodo, MSI
¹Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang
*Email: < apit_31@yahoo.com >

Abstract: The energy crisis has become a global problem, scarcity and fuel price increases, renewable energy is seen as one way to solve the global energy crisis. Microbial Fuel Cells (MFC) is a system of generating electrical energy by utilizing bacterial interactions found in nature. Bacteria contained in the organic medium transform organic matter into electrical energy. This research using fruit waste substrate, glucose contained therein are used as nutrients for bacteria. metabolism of bacteria that live in the anode at the MFC reactor changed the substrate such as glucose, substrate was oxidized by the bacteria produces electrons and protons in the anode. Electrons are transferred through the external circuit, while the protons diffused through the membrane separator to the cathode. This study utilizes a simple organic material (glucose) in the fruit waste to be used as a nutrient for bacteria. Metabolism of bacteria that live in the room on MFC anode substrate change as glucose, acetate also liquid waste into CO₂, protons and electrons. The electrons then flow through the electrical circuit to the charge on the cathode, oxygen will produce water . variation which used a variation of yeast. 30 g, 90 g and 270 g and variations of glucose 0 gr, 30 gr and 90 gr. graphite was graphite used stone the spent battery size A. The addition of yeast does not have a significant effect on the generated power density, addition of glucose positive influence on the resulting power density, the addition of 30 gr glucose without the addition of yeast to produce the greatest power density value of 364.7 mW/m², glucose acts as an additional nutrients in the substrate as glucose MFC easily oxidized by microbes resulting in the production of electricity in the system MFC can be increased

Keywords : *Microbial fuel cell , Fruit Waste , Glucose , Power Density*

Abstrak: Krisis energi telah menjadi permasalahan global, kelangkaan dan kenaikan harga bahan bakar Energi terbarukan dipandang sebagai salah satu cara untuk mengatasi krisis energi global. *Microbial Fuel Cells* (MFC) adalah sistem pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan interaksi bakteri yang terdapat di alam. Bakteri yang terdapat dalam medium organik mengubah bahan organik menjadi energi listrik. Penelitian ini menggunakan substrat limbah buah-buahan, glukosa yang terdapat dalamnya digunakan sebagai nutrisi bagi bakteri. Metabolisme bakteri yang hidup pada ruangan anoda pada reactor *MFC* mengubah substrat seperti glukosa, substrat dioksidasi oleh bakteri menghasilkan elektron dan proton pada anoda. Elektron ditransfer melalui sirkuit eksternal, sedangkan proton didifusikan melalui separator membran menuju katoda. Penelitian ini memanfaatkan material organik sederhana (glukosa) pada limbah buah buahan untuk digunakan sebagai nutrisi bagi bakteri. Metabolisme bakteri yang hidup pada ruangan anoda pada *MFC* mengubah substrat seperti glukosa, asetat juga limbah cair menjadi CO₂, proton dan elektron. Elektron kemudian mengalir melalui sirkuit listrik dengan muatan pada katoda oksigen akan menghasilkan air. Variasi yang digunakan merupakan variasi ragi tape. 30 gr, 90 gr dan 270 gr dan variasi glukosa 0 gr, 30 gr dan 90 gr. grafit yang digunakan merupakan grafit dari batu baterai bekas ukuran A. penambahan ragi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap power density yang dihasilkan, Penambahan glukosa berpengaruh positif terhadap power density yang dihasilkan, penambahan glukosa 30 gr tanpa ada penambahan ragi menghasilkan power density terbesar dengan nilai 364,7 mW/m², glukosa berperan sebagai nutrisi tambahan pada substrat MFC karena glukosa mudah dioksidasi oleh mikroba sehingga produksi listrik dalam system MFC dapat meningkat

Kata Kunci : *Mikrobia fuel cell, Limbah Buah, Glukosa, Power Density*

1 PENDAHULUAN

Krisis energi telah menjadi permasalahan global, kelangkaan dan kenaikan harga bahan bakar minyak atau BBM khususnya di Indonesia merupakan salah satu pemicu berkembangnya sumber energi terbarukan untuk mensubstitusi penggunaan minyak bumi yang selama ini menjadi

sumber energi utama di masyarakat, energi terbarukan dipandang sebagai salah satu cara untuk mengatasi krisis energi global

Sebuah teknologi menggunakan *microbial fuel cells* (MFCs) mengkonversi energi pada senyawa organik menjadi energi listrik melalui reaksi katalis dari mikroorganisme. (Zhuwei, dkk, 2007)

Limbah buah harus ditangani agar tidak menimbulkan penyakit dimasyarakat salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan mengubahnya menjadi sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Dengan adanya kandungan nutrisi di dalam sampah buah buahan sangat berpotensi digunakan untuk media atau sumber makanan atau bahan bakar bagi bakteri pada microbial fuel cells. Glukosa adalah substrat yang biasa digunakan dalam eksperimen MFC karena mudah dioksidasi oleh mikroba sehingga produksi listrik dalam system MFC dapat meningkat (Kim, *et al.*, 2000)

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang bagaimana mengolah limbah buah buahan dengan menggunakan MFC sehingga dapat menghasilkan energi alternatif.

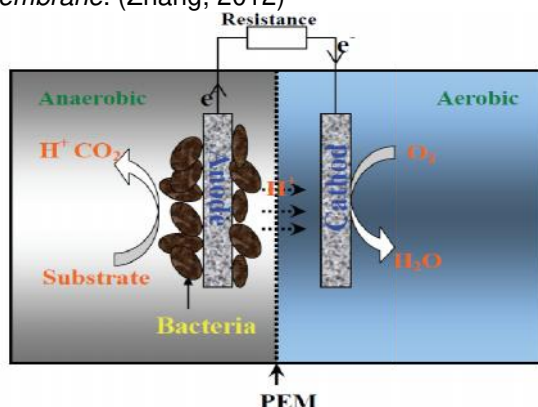
2 DASAR TEORI

2.1 Microbial fuel Cells

MFC merupakan sistem bioelektrokimia yang dapat membangkitkan listrik dari oksidasi substrat organik dan anorganik dengan bantuan katalisis mikroorganisme. penggunaan mikroorganisme dalam MFC ini bertujuan untuk menggantikan fungsi enzim sehingga dihasilkan substrat yang lebih murah (Idham, 09). Bakteri mampu menjadi katalis dan beradaptasi dengan baik terhadap bahan organik berbeda yang terdapat pada limbah lingkungan sehingga menghasilkan elektron

2.2 Prinsip kerja MFC

MFC dikatalisis oleh mikroorganisme, prinsip kerjanya jelas berbeda dari *chemical fuel cell*. Prinsip kerja dari MFCs dapat di deskripsikan dengan MFCs dua *chamber*, dimana terdiri dari anaerobik dan aerobik *chamber*, yang dipisahkan secara fisik oleh sebuah *proton exchange membrane*. (Zhang, 2012)



Gambar 2.1 Diagram umum dari MFC dua *chamber*

Pada MFCs bakteri melekat pada anoda yang mengoksidasi substrat organik dan melepas elektron dan proton. Proton pada anoda *chamber* pindah melalui membran ke katoda *chamber*, ketika elektron lepas dari bakteri ke elektroda (anoda) pada *chamber* yang sama dan kemudian

melalui sirkuit ke katoda dimana mereka menyatu dengan proton dan oksigen untuk membentuk air. Pada cara ini listrik dapat diproduksi. Bahan kimia lain seperti nitrat, sulfat dan mangan dapat dijadikan akseptor proton. (Zhang, 2012)

Secara umum mekanisme prosesnya adalah substrat dioksidasi oleh bakteri menghasilkan elektron dan proton pada anoda. Elektron ditransfer melalui sirkuit eksternal, sedangkan proton didifusikan melalui separator membran (*proton exchange membrane*) menuju katoda. Pada katoda, reaksi elektron dan proton terhadap oksigen akan menghasilkan air (Cheng *et al.* 2006)

3 METODE PENELITIAN

Penelitian ini memanfaatkan material organik sederhana (glukosa) pada limbah buah buahan untuk digunakan sebagai nutrisi bagi bakteri. Metabolisme bakteri yang hidup pada ruangan anoda pada reactor *Microbial Fuel Cell* (MFC) mengubah substrat seperti glukosa, asetat juga limbah cair menjadi CO₂, proton dan elektron. Elektron kemudian mengalir melalui sirkuit listrik dengan muatan pada katoda. Beda potensial antara anoda dan katoda bersama dengan aliran electron akan menghasilkan daya listrik.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Mikrobial Fuel Cell

Desain alat MFC pada penelitian ini menggunakan sel elektrokimia dengan sistem *dual-chamber* yang terdiri dari kompartemen katoda dan kompartemen anoda, penelitian ini menggunakan dua belas reaktor, dengan dimensi 13 cm x 13 cm x 16 cm. kedua kompartemen



dihubungkan dengan sebuah jembatan garam.
Gambar 4.1 Reaktor MFC

4.1.1 Elektroda

Sistem MFC ini, menggunakan elektroda grafit yang berasal dari batang karbon batu baterai bekas berukuran A. Dalam penelitian yang dilakukan Artadi dkk (2007), grafit batu baterai bekas mempunyai sifat fisis yang hampir sama dengan elektroda grafit. Batang karbon dari batu baterai bekas ini digunakan karena sifat mekanisnya seperti logam, ringan, mempunyai daya hantar listrik yang tinggi dan

cocok untuk pertumbuhan bakteri.. Luas permukaan dari elektroda ini sebesar $1,46 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ dengan diameter sebesar 0,762 cm dan panjang elektroda 5,715 cm. Sebelum digunakan elektroda terlebih dahulu dipreparasi untuk menghilangkan lapisan pasta dan lapisan non grafit lainnya.

4.1.2 Jembatan Garam

Diantara kedua kompartemen dipisahkan dengan sebuah membran jembatan garam dengan diameter 1 inchi dan panjang 10 cm. Jembatan garam pada reaktor ini berfungsi sebagai tempat proton berdifusi dari anoda ke katoda, sehingga akan terjadi pertemuan antara ion positif dan ion negatif dari larutan elektrolit yang dapat diukur sebagai suatu arus listrik

Pembuatan *Salt Bridges* (Jembatan Garam) dilakukan dengan menggunakan larutan KCl 1M dan agar agar, KCl digunakan karena memiliki nilai produksi listrik yang tinggi (262 μA 1 Molar dalam penelitian Kumari, 2012). Dalam penelitian ini digunakan jembatan garam sebagai membrane karena lebih murah dan pembuatannya yang mudah walaupun *power density* yang dihasilkan tidak akan sebesar jika menggunakan PEM

4.2 Limbah Buah Buahan Sebagai Substrat pada MFC

Buah-buahan yang mengandung kadar gula tinggi merupakan bahan yang potensial sebagai substrat pada sistem *microbial fuel cell*. Buah yang dipakai bukan buah yang masih bagus dan segar, tetapi buah-buahan yang sudah tidak layak jual atau hampir busuk. Limbah buah-buahan yang dianggap sampah oleh masyarakat masih mengandung material organik sederhana (glukosa) yang berpotensi digunakan sebagai sumber makanan bagi bakteri pada *Microbial Fuel cell*. Glukosa pada limbah buah berperan sebagai sumber energi dalam mikroba yang bersifat spontan, artinya lebih mudah untuk dimakan.

4.3 Reaksi Kimia di Anoda dan Katoda

Larutan elektrolit yang digunakan pada kompartemen katoda adalah kalium permanganat (KMnO_4) 0,1 M. Kompartemen anoda MFC diisi dengan limbah yang mengandung molekul biodegradable dan mikroba. Mikroba yang terdapat dalam limbah tersebut kemudian akan mengoksidasi molekul biodegradable menghasilkan electron, proton dan CO_2 . Proton menuju ke katoda melalui larutan elektrolit sedangkan electron akan menempel ke anoda, kemudian mengalir melalui sirkuit listrik ke katoda. Aliran electron inilah yang menghasilkan daya listrik. Pada katoda electron, proton dan oksigen bergabung membentuk H_2O . secara umum reaksinya dapat dituliskan dalam persamaan

Anoda : molekul biodegradable + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{e}^- + \text{H}^+$ (4.3)

Katoda : $\text{O}_2 + \text{e}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

- Gula sederhana sebagai molekul biodegradable terdegradasi seperti ditunjukkan persamaan

Anoda : $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{e}^- + \text{H}^+$

Katoda : $\text{O}_2 + \text{e}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Molekul sederhana yang diberikan pada subtract MFC seperti asetat akan terdegradasi (Liu et al, 2005) seperti persamaan berikut

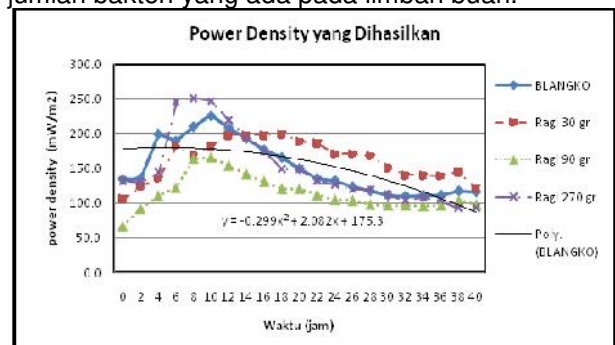
- Asetat sebagai molekul biodegradable

Anoda : $\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 8\text{e}^- + 8\text{H}^+$

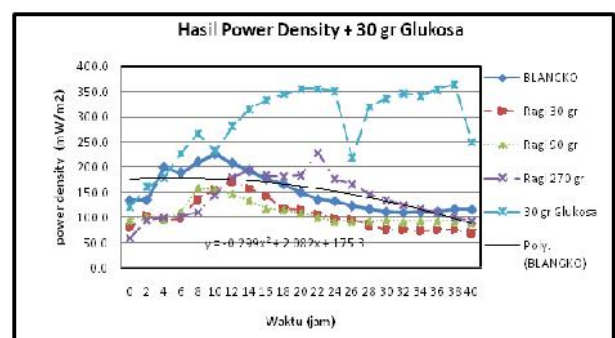
Katoda : $2\text{O}_2 + 8\text{e}^- + 8\text{H}^+ \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}$

4.4 Hasil Pengukuran Energi Listrik Pada Variasi Penambahan Ragi pada Substrat

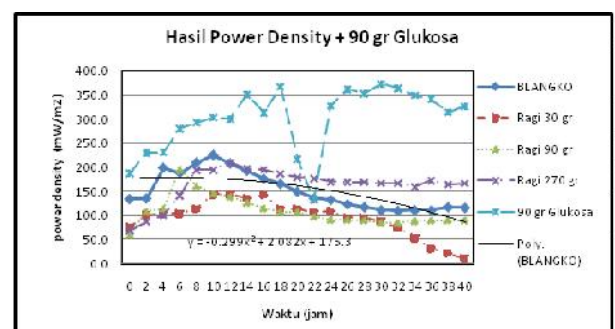
Penelitian MFC yang dilakukan menggunakan substrat limbah buah-buahan yang berasal dari daerah sekitar tembalang. Dengan variasi penambahan ragi 30 gr, 90 gr dan 270 gr Penambahan ragi tape berguna untuk menambah jumlah bakteri yang ada pada limbah buah.



Gambar 4.2 Perbandingan Power Density pada variasi penambahan ragi



Gambar 4.3 Perbandingan Power Density pada variasi penambahan ragi + 30 gr glukosa



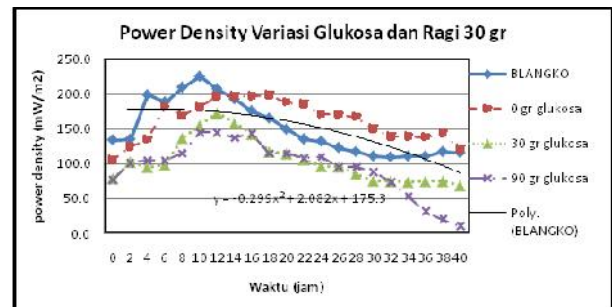
Gambar 4.4 Perbandingan Power Density pada variasi penambahan ragi + 90 gr glukosa

Dari penambahan jumlah ragi yang berbeda memberikan dampak yang cukup besar di awal eksperimen untuk blangko (tanpa penambahan ragi) sebesar $134,2 \text{ mW/m}^2$, penambahan ragi 30 gr sebesar $105,5 \text{ mW/m}^2$, ragi 90 gr menghasilkan $66,8 \text{ mW/m}^2$ sedangkan ragi 270 gr menghasilkan $131,8 \text{ mW/m}^2$. Semuanya mengalami kenaikan nilai power density yang signifikan diawal proses namun kemudian turun secara perlahan seiring berjalannya waktu. Banyaknya senyawa organik yang dapat dikonsumsi oleh mikroba membuat metabolisme mikroba meningkat tajam, yang diindikasikan oleh meningkatnya produksi listrik hasil metabolisme, untuk penambahan ragi 30 gr puncaknya sebesar $199,5 \text{ mW/m}^2$ pada jam ke 18 atau pengukuran ke-8 tanpa penambahan glukosa, untuk penambahan 90 gr ragi mengalami puncak sebesar $197,5 \text{ mW/m}^2$ pada jam ke 6 atau pengukuran ke-3 dengan penambahan 90 gr glukosa. Sedangkan untuk penambahan ragi 270 gr puncaknya sebesar $250,9 \text{ mW/m}^2$ pada jam ke 8 atau tanpa penambahan glukosa. Rata-rata penambahan 30 gr glukosa dan 90 gr glukosa tanpa penambahan ragi menghasilkan tegangan, kuat arus maupun power density yang paling besar dari pada reaktor yang diberi penambahan ragi dan glukosa. Power density terbesar dihasilkan oleh reaktor 90 gr glukosa tanpa diberi ragi yakni sebesar $368,2 \text{ mW/m}^2$.

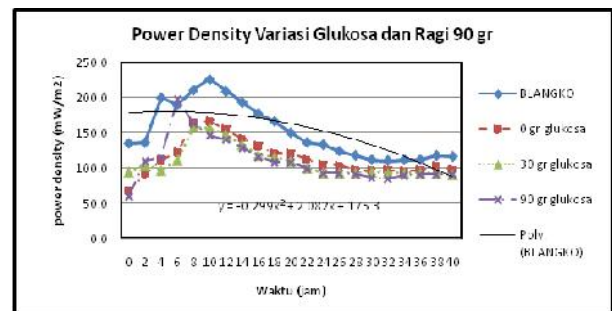
Peningkatan atau penurunan elektrisitas berkorelasi positif dengan jumlah elektron bebas yang dihasilkan konsorsium bakteri. Selain itu, dapat pula disebabkan oleh interaksi dan persaingan antara bakteri penyusun konsorsium di dalam substrat. Produk fermentasi, (antara lain : laktat, suksinat, format, dll) dari satu jenis bakteri dapat menjadi substrat bagi bakteri lain. Hal ini menyebabkan produk fermentasi tersebut tidak dapat dioksidasi untuk kemudian menghasilkan electron bebas dan ion H^+

4.5 Hasil Pengukuran Energi Listrik Pada Variasi Penambahan Ragi dan Glukosa pada Subtrat

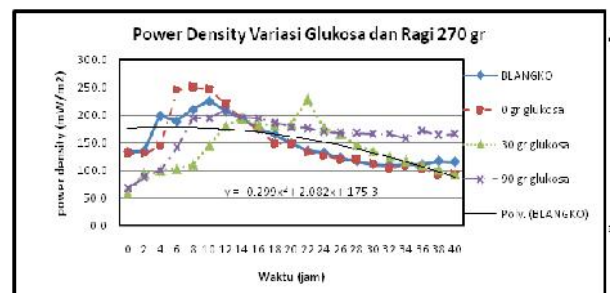
Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ester (2012) menerapkan penambahan glukosa pada substrat untuk meningkatkan produksi listrik dalam system MFC. Dalam penelitian tersebut dilakukan penambahan glukosa dengan perbandingan 1:1 namun hasilnya limbah model yang diberi glukosa memberikan hasil yang lebih rendah, sedangkan penelitian Liu et all (2005) dimana peneliti menambahkan 2 % glukosa menghasilkan listrik yang lebih baik. Maka dalam penelitian ini divariasikan penambahan konsentrasi glukosa yaitu 0 gr, 30 gr glukosa dan 90 gr glukosa untuk mengetahui mana yang lebih efektif dalam menghasilkan listrik di dalam MFC



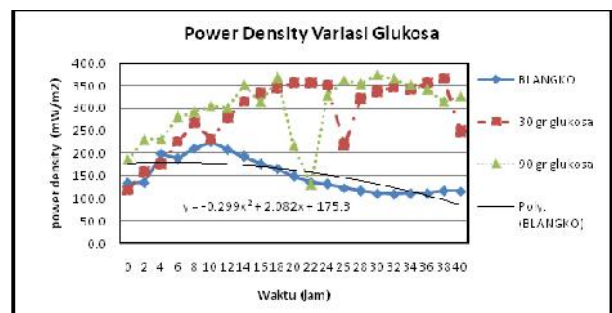
Gambar 4.5 Perbandingan Power Density pada Variasi Penambahan glukosa dan ragi 30 grL



Gambar 4.6 Perbandingan Power Density pada Variasi Penambahan glukosa dan ragi 90 gr



Gambar 4.7 Perbandingan Power Density pada Variasi Penambahan glukosa dan ragi 270 gr



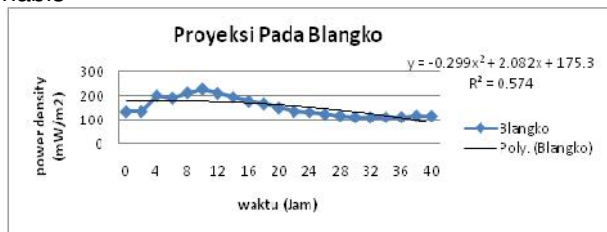
Gambar 4.8 Perbandingan Power Density pada Variasi Penambahan glukosa

Dari grafik di atas diketahui bahwa penambahan glukosa meningkatkan power density yang dihasilkan dimana rata-rata power density yang dihasilkan oleh reaktor yang diberi ragi tidak jauh berbeda dan cenderung sama dengan reaktor blangko, untuk penambahan ragi 30 gr dan 90 gr power density yang dihasilkan dibawah blangko hal ini menunjukkan bahwa penambahan ragi akan mempercepat proses metabolisme bakteri yang mengakibatkan power density yang dihasilkan tidak stabil, namun pada reaktor yang hanya diberi

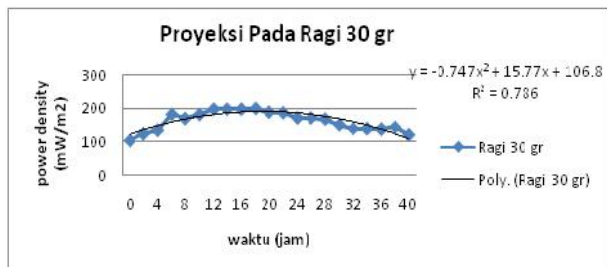
glukosa tanpa diberi ragi menunjukkan perbedaan yang besar dari pada reaktor blangko yaitu pada gambar 4.28 terlihat power density yang dihasilkan besar. Penambahan 30 gr glukosa memberikan dampak yang positif terhadap reaktor hasilnya di atas blangko dan cenderung stabil dikisaran angka 300 mW/m² berbeda dengan reaktor dengan penambahan 90 gr glukosa yang lebih fluktuatif meskipun puncak power density yang dihasilkan sebesar 365,1 mW/m² namun terendah masih menunjukkan angka 131.5 mW/m². Maka yang paling optimal yaitu dengan penambahan 30 gr glukosa tanpa penambahan ragi

4.5 Proyeksi Power Density Yang dihasilkan reaktor MFC

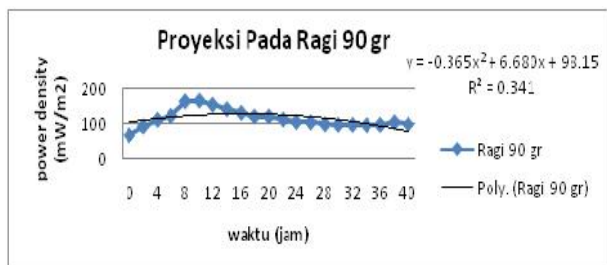
Dengan melihat grafik *power density* yang dihasilkan setiap reaktor MFC dapat diprediksikan berapa jam waktu yang diperlukan sampai metabolisme bakteri berhenti atau fase kematian dari bakteri. Prediksi ini menggunakan treandline grafik polynomial dimana persamaan yang didapat digunakan untuk memprediksi kapan metabolisme bakteri berhenti atau kapan *power density* akan habis



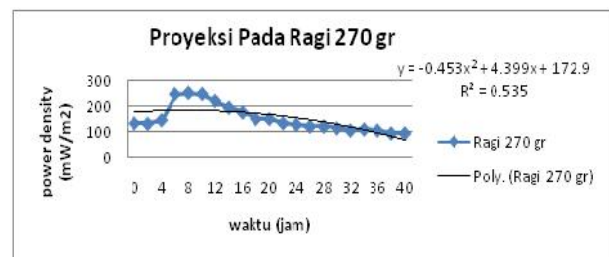
Gambar 4.9 Proyeksi Power Density pada Blangko



Gambar 4.10 Proyeksi Power Density pada penambahan ragi 30 gr

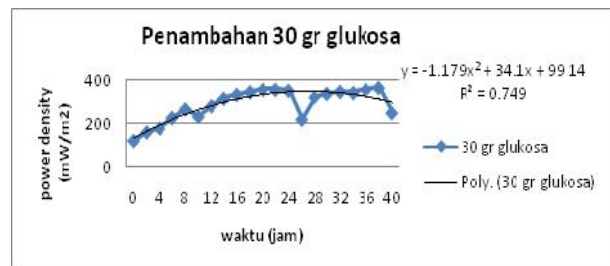


Gambar 4.11 Proyeksi Power Density pada penambahan ragi 90 gr

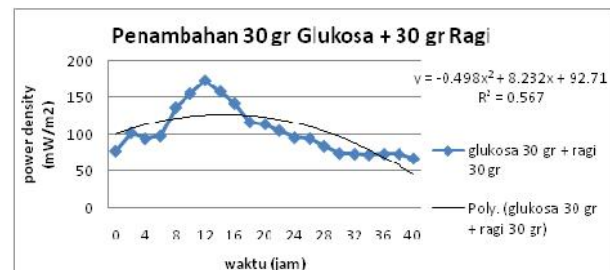


Gambar 4.12 Proyeksi Power Density pada penambahan ragi 270 gr

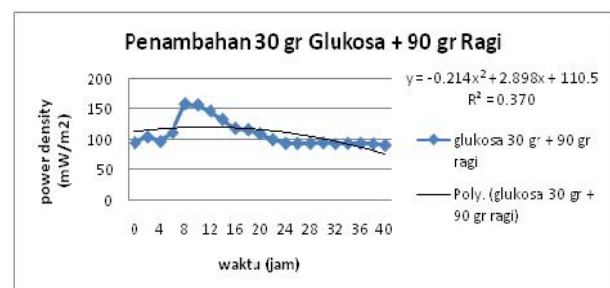
Dengan persamaan polynomial untuk blangko dengan persamaan $y = -0.453x^2 + 4.399x + 172.9$ maka diproyeksikan *power density* akan habis setelah jam ke 54 sama seperti penambahan ragi 90 gr dengan persamaan $y = -0.365x^2 + 6.680x + 98.15$, melewati jam ke 54 listrik tidak diproduksi lagi. Untuk penambahan ragi 30 gr dengan persamaan $y = -0.747x^2 + 15.77x + 106.8$ diproyeksikan *power density* akan habis setelah jam ke 52, sedangkan untuk penambahan ragi 270 gr dengan persamaan $y = -0.453x^2 + 4.399x + 172.9$ akan habis setelah jam ke 48.



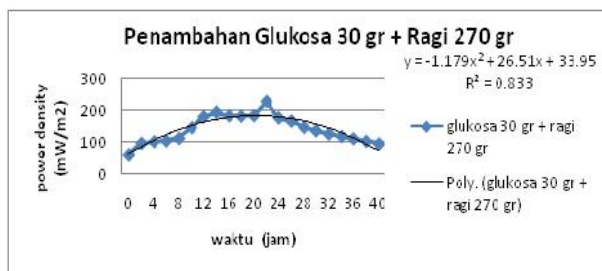
Gambar 4.13 Proyeksi Power Density pada penambahan 30 gr glukosa



Gambar 4.14 Proyeksi Power Density pada penambahan ragi 30 gr dan Glukosa 30 gr



Gambar 4.15 Proyeksi Power Density pada penambahan ragi 90 gr dan Glukosa 30 gr

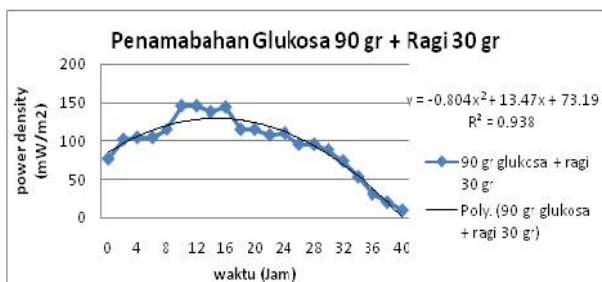


Gambar 4.16 Proyeksi Power Density pada penambahan ragi 270 gr dan Glukosa 30 gr

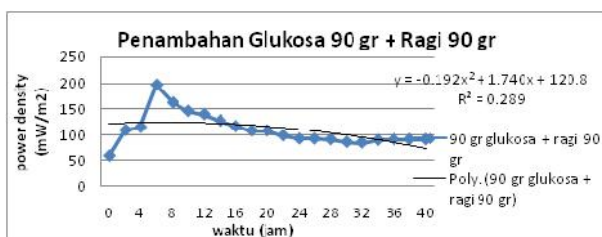
Dari persamaan $y = -1.179x^2 + 34.1x + 99.14$ untuk penambahan 30 gr glukosa tanpa penambahan ragi diproyeksikan *power density* akan habis setelah jam ke 62 lebih lama dari pada dengan penambahan ragi dan glukosa. Untuk penambahan ragi 30 gr + 30 gr glukosa dengan persamaan $y = -0.747x^2 + 15.77x + 106.8$ diketahui *power density* akan habis setelah jam ke 48. Untuk penambahan 90 gr ragi + 30 gr glukosa dengan persamaan $y = -0.365x^2 + 6.680x + 98.15$ produksi listrik habis pada jam ke 60 dan untuk penambahan 270 gr ragi + 30 gr glukosa akan habis setelah jam ke 46 dengan persamaan $y = -0.453x^2 + 4.399x + 172.9$



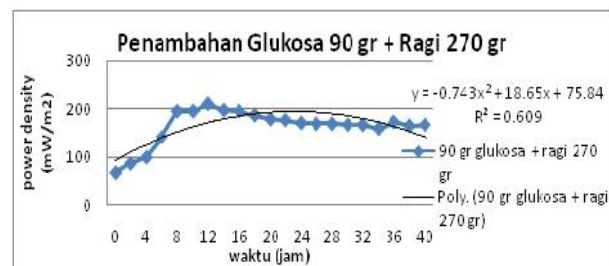
Gambar 4.17 Proyeksi Power Density pada penambahan glukosa 90 gr



Gambar 4.18 Proyeksi Power Density pada penambahan ragi 30 gr dan glukosa 90 gr



Gambar 4.19 Proyeksi Power Density pada penambahan ragi 90 gr dan Glukosa 90 gr



Gambar 4.36 Proyeksi Power Density pada penambahan ragi 270 gr dan Glukosa 90 gr

Terlihat bahwa reaktor yang diberi glukosa tanpa penambahan ragi mengalami penurunan paling lama dengan persamaan $y = -0.364x^2 + 13.66x + 208.4$ diketahui reaktor tidak menghasilkan listrik lagi pada jam ke 98. Untuk ragi 30 gr + 90 gr glukosa dengan persamaan $y = -0.804x^2 + 13.47x + 73.19$ terlihat reaktor berhenti menghasilkan *power density* pada jam ke 42 untuk ragi 90 gr + 90 gr glukosa produksi *power density* berhenti setelah jam ke 60 dengan persamaan $y = -0.192x^2 + 1.740x + 120.8$. Sedangkan untuk reaktor yang diberi 270 gr ragi + 90 gr glukosa produksi *power density* berhenti setelah jam ke 82, ini berarti semakin banyak penambahan ragi maka *power density* yang dihasilkan akan semakin lama habisnya. Tetapi tanpa penambahan ragi sama sekali mengalami produksi *power density* yang paling lama yakni 98 jam

4.7 Pemanfaatan Limbah yang dihasilkan reaktor MFC

Limbah yang dihasilkan pada penelitian ini adalah limbah buah-buahan yang sudah di tambah ragi dan asetat. Limbah yang dihasilkan masih mengandung bahan-bahan yang bisa dimanfaatkan lagi seperti glukosa yang masih ada pada limbah buah dan glukosa sebagai nutrisi tambahannya. Salah satu pemanfaatan limbah dari reaktor MFC ini adalah dengan cara dimanfaatkan sebagai MOL (Mikro Organisme Lokal) yang dapat meminimalisasi terjadinya limbah sekaligus meningkatkan nilai ekonomis limbah

5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Limbah buah-buahan dapat digunakan sebagai substrat pada teknologi microbial fuel cell karena dalam limbah buah-buahan terdapat material organik sederhana berupa glukosa yang dapat digunakan sebagai makanan bagi bakteri pada microbial fuel cell

Penambahan ragi sebanyak 270 gr menghasilkan *power density* sebesar 250,9 mW/m², banyaknya senyawa organik yang dapat dikonsumsi oleh mikroba membuat metabolisme dari bakteri meningkat yang diindikasikan dengan meningkatnya produksi listrik. Semakin banyak

jumlah bakteri yang ada maka persediaan makanan yang terbatas akan cepat habis

Penambahan glukosa berpengaruh positif terhadap power density yang dihasilkan, penambahan glukosa 30 gr tanpa ada penambahan ragi menghasilkan power density terbesar dengan nilai 364,7 mW/m², glukosa berperan sebagai nutrisi tambahan pada substrat MFC karena glukosa mudah dioksidasi oleh mikroba sehingga produksi listrik dalam system MFC dapat meningkat

5.2 Rekomendasi

1. Kuat arus yang dihasilkan masih kecil hal ini dikarenakan terbentuknya lapisan bio film pada elektroda maka untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan upaya untuk mencegah timbulnya lapisan bio film ini salah satunya dengan bakteriofag sehingga kuat arus yang dihasilkan lebih besar
2. Sifat dari larutan elektrolit KMnO₄ yang korosif menyebabkan kawat penghubung terkorosif sehingga power density yang dihasilkan tidak maksimal, perlu dilakukan upaya pencegahan dengan cara melapisi kawat penghubung dengan lapisan yang tidak mudah terkorosi sehingga power density yang dihasilkan dapat maksimal
3. Hambatan internal dari kabel penghubung maupun jepit buaya mengakibatkan power density yang dihasilkan berkurang, sebaiknya menggunakan kabel dengan spesifikasi yang baik dan tidak perlu menggunakan jepit buaya untuk mengurangi hambatan sehingga power density yang dihasilkan dapat maksimal
4. Perlu dilakukan penelitian terlebih dahulu mengenai pengkodisian anaerob maupun aerob pada reaktor, pada kondisi anaerob perlu dilakukan aklimatisasi terlebih dahulu agar bakteri dapat beradaptasi dengan baik terhadap lingkungan barunya sehingga dapat meningkatkan power density yang dihasilkan
5. Perlu dilakukan uji pendahuluan berupa uji kandungan nutrisi pada limbah buah-buahan untuk mengetahui kandungan C:N:P yang ada

6 REFERENCES

- [1] Artadi, arif. Sudaryono. Aryadi. 2007. *Penggunaan grafit batu baterai sebagai alternatif elektroda spektrofotometri emisi*. Jurusan teknik kimia nuklir. Sttn-batan.
- [2] Cheng,liu. 2006. Increased performance of single-chamber microbial fuel cells using an improved cathode structure.electrochemistry communications 8:489-494.
- [3] Du, zhuwei, h. Li, and t. Gu.2007. A state of the art review on microbial fuel cell; a
- [4] Idham f, halimi s, dan latifah s. 2009. Alternatif baru sumber pembangkit listrik

dengan menggunakan sedimen laut tropika melalui teknologi microbial fuel cell. Teknologi hasil perairan institut pertanian bogor

- [5] Kim hj, park hs, hyun ms chang is, kim m, dan kim bha. 2002. Mediator-less microbial fuel cell using a metal reducing bacterium, *shewanella putrefaciens*. J.enzyme microbiology technology 30: 145-152.
- [6] Kristin, ester. 2012. Produksi energi listrik melalui mikrobial fuel cells menggunakan industri limbah tempe. Teknologi bioproses. Universitas indonesia
- [7] Liu,h., cheng, s., loganb. 2005. Production of electricity from acetate or butyrate using a single-chamber microbial fuel cell. Environ. Sci.technol.:39,658-662.
- [8] You s. Zhaoa q. Zhang j, jiang j, zhao s, 2006. *A microbial fuel cell using permanganate as the cathodic electron acceptor*, journal of power sources 162 : 1409-1415